

## 危険物施設における事故防止対策について ～危険物施設事故における原因究明の意義～

金子正和  
(川崎市消防局)

### ◎ はじめに

総務省消防庁における、危険物施設の火災・漏えい事故件数の統計からも明らかなように、全国的に危険物施設数の減少傾向があるにもかかわらず、事故件数は現在も増加傾向にあり、平成12年には過去最高の件数（511件）を示している。それと同時に同じ件数の原因究明作業が、事故の発生の都度行われていることもまた間違いない事実であると考えられる。

過去様々なケースの事故で原因究明を行い、再発防止を検討し実行しているにもかかわらず、何故事故は減少せず増加するのか、消防において危険物行政を行っている身としては、疑問にも思うし、また、空しささえ感じてしまうというのは言い過ぎであろうか。

これから危険物施設の事故防止対策の話を進めるにあたって、事故をなくすことは無理な話であるが、今後少しでも減少の傾向にもっていくには行政として何をすればよいのかを考えながら話を進めていく。

### 1. 危険物施設における事故件数と発生原因

まず、対策を考える前に、危険物施設における事故件数とその発生原因を、過去5年間（平成9年～13年）の統計から傾向を見てみたい。

図-1に示すグラフが、平成9年から平成13年までの全国における危険物施設の事故件数（火災・漏えい事故を合算した件数）の推移であり、表-1がその発生原因の人的要因の推移、表-2が物的要因の推移である。

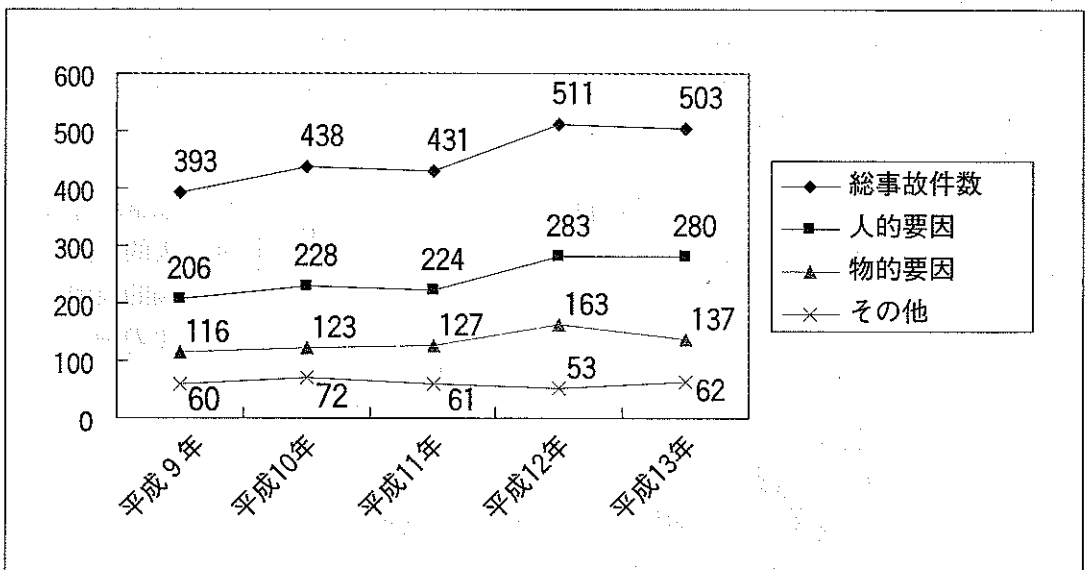


図-1 全国における危険物施設の事故件数

表-1 全国における危険物施設事故の発生原因（人的要因）

	平成9年	平成10年	平成11年	平成12年	平成13年
管理不十分	107	96	93	122	125
確認不十分	52	58	69	82	79
監視不十分	17	36	24	33	34
不作為	28	32	29	38	32
誤操作	2	6	9	8	10
小計	206	228	224	283	280

表-2 全国における危険物施設事故の発生原因（物的要因）

	平成9年	平成10年	平成11年	平成12年	平成13年
腐食等劣化	84	88	87	110	84
故障	14	7	11	20	11
破損	9	14	18	5	26
施工不良	8	11	10	19	13
設計不良	1	3	1	9	3
小計	116	123	127	163	137

これらのグラフ及び表から、事故件数は年々増加傾向（若干減少する年もあり）にあり、その原因については、人的要因も物的要因もほぼ同じ様な比率の件数で増加しているのが分かる。人的要因は物的要因のおよそ2倍近くの数の件数であり、ちなみに過去10年をさかのぼってみても、物的要因が人的要因の件数を上回っている年はない。

また、人的要因、物的要因の原因別内訳と件数を見てみると、人的要因については管理不十分が常に全体の約40～50%を占め、物的要因については腐食等劣化が約60～70%を占め、

各々で一番大きい値を示している。

次に、川崎市における危険物施設の事故を基に同じグラフと表を作成したものが、図-2、表-3及び表-4である。

これらグラフ及び表からも、件数そのもの自体は少ないが、発生原因別に件数を見てみると、過去5年間については全て人的要因が物的要因を上回っており、この点については全国の統計と同じ傾向が見受けられる。

物的要因の腐食等劣化については、経年劣化によって部品等の腐食が進み事故につながるものが大部分であると考えられるので、特異な成

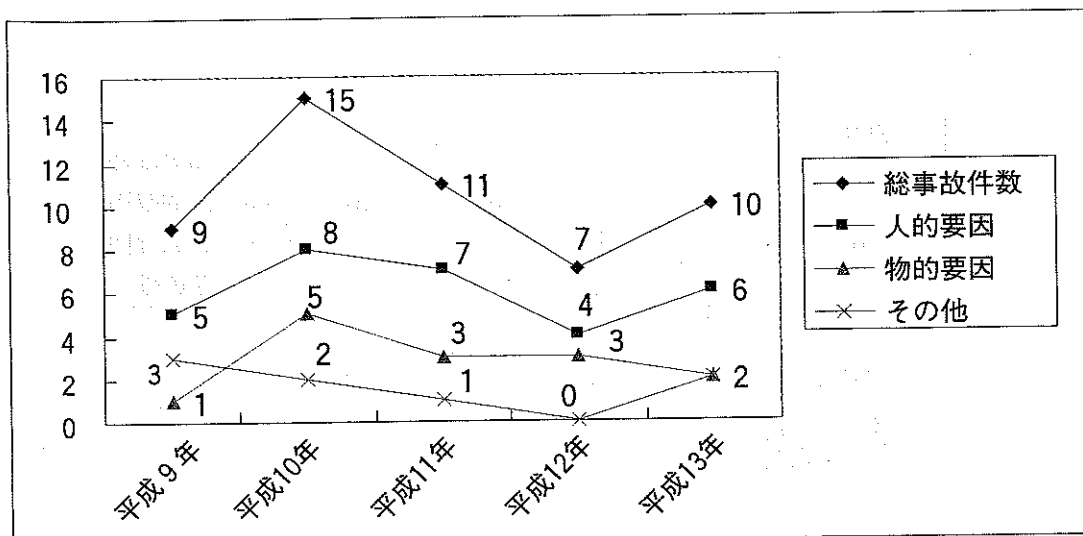


図-2 川崎市における危険物施設の事故件数

表-3 川崎市における危険物施設事故の発生原因（人的要因）

	平成9年	平成10年	平成11年	平成12年	平成13年
管理不十分	2	3	3	2	3
確認不十分	2	2	2	2	3
監視不十分					
不作為	1	3	1		
誤操作			1		
小計	5	8	7	4	6

表-4 川崎市における危険物施設事故の発生原因（物的要因）

	平成9年	平成10年	平成11年	平成12年	平成13年
腐食等劣化		4	1	1	1
故障					
破損			1		
施工不良		1	1	1	
設計不良	1			1	1
小計	1	5	3	3	2

分の物質で異様に腐食の進行が速いものや腐食のメカニズムが解明されていないものでなければ、施設の日常点検等の維持管理をしっかりしていれば、防ぐことが可能であることを考えると、人的要因の管理不十分とつながりがある事象であるということが出来る。

以上のことから、事故の原因というものは人的要因を含んだものが主であるということができ、そのことを踏まえると、事故の防止対策をたてることは、プラントの設計等の高度な専門的知識を必ずしも持っていないと、過去の事故事例を研究したり、あるいは、何故こういった事故が起きたのか、いくつかの理由を考えることによって可能であるということが出来る。

ここで、事業所が専門的観点から事故の原因を考察した結果と、消防という別の目をもった者が考察した原因究明をぶつけ合うことに意味が出てくるわけである。どんな事でも物事を考えるときは、一つの団体だけではなく、他の団体からもメスを入れることによって、偏った考えではなく、一般の者が見て納得がいく公平な見解が生まれるものである。もちろん事業所も、他の事業所で事故が発生すれば、その原因について研究をすることも出来るかもしれない。しかし、色々な事業所の事故やその原因究明作業をしてきている消防の目からも、事業所とは違っ

た見解を生むことができるであろう。

以上のことから、事故防止対策に有意義なもので、形のあるものの一つに、FTA (Fault tree Analysis: 欠陥樹解析) というものがある。次の項からはこのFTAについて取り上げ、話を進めていきたいと思う。

## 2. FTA (Fault tree Analysis: 欠陥樹解析) 図の作成

FTAは、1960年頃、米国ベルテレホン研究所で開発された。現在では航空宇宙産業界、電気・電子産業界、原子力産業界、プロセスプラント業界等の幅広い分野で用いられており、主に、設計段階で利用されている。分析対象とする望ましくない事象を頂上事象として取り上げ、この事象が発生する為の条件と要因を把握する。そして、この頂上事象が発生する条件や要因をツリー状にして下位に展開し、分析する演繹的分析手法である。

具体的に、この手法で火災や漏えい事故の原因を究明し、再発防止対策を立てるには次のような手順を踏んでFTA図を完成させていく。

まず、頂上事象を火災や漏えい事故とし、何故その事故が起きたのか、直接の原因を考え、その事故が起こるためにはどういった事象が起きたのかを下に連ねて書いていく。更に何故そ

の事象が起きたのか、その事象が起きるための事象をその下に連ねて書いていき、順次その手順を踏んでいくことによって最終的に、これ以上は展開されない基本的な事象または発生確率が単独に得られる最も低いレベルでの基本的な事象という基本事象を導き出す。

そして途中の事象を導き出す事象を考える時は、可能性のある事象を全て揚げ、これらが全てそろった時にその事象を導き出すのか、あるいは、どちらか一方が起きたときにその事象を導き出すのかを考え、各々は違った記号で表して図を作成する。このように、上から下へ、木の枝を広げるようにして事象ごとに図を系統的にまとめることによって、各事象が起きた原因が人の作業によるものなのか、管理不十分によるものなのか、施工不良によるものなのか、あるいは設計ミスによるものなのか等が分かりやすく整理され、その事象を引き起こさないための防止対策が立てやすくなる。

また、トラブルなどの原因を探す考え方として、「何故」を5回繰り返さなければならないというのは通常言われていることであり、そのためにも可能性のある事象を全て揚げると言うことが大事なことである。通常誰でも経験することだとは思いますが、過去の類似する経験によってその事故の原因を決めつけてしまうことがあるだろう。しかし、そこで思い立ち踏みとどまって、何故、ともう一度考えることによって、また別の原因が現れてくることもある。

ちなみにこの何故と考えることは、危険物施設を規制することにもあてはまることである。規制の法律というものは諸先輩方が施設を安全に保つために、試行錯誤してつくってきたものであり、我々は経験だけで施設を規制してしまいがちであるが、何故このように規制するのか、何故このようにすると危険でなくなるのかを考えながら規制しなければならない。

このように、あらゆる角度からみなければ、

偶発的に起こる事故というものは防ぐことはできず、教訓となる筈だった事故も、無意味なものとなってしまおうであろう。

次に、実際に過去に起きた事故事例についてFTA図を作成し、事故原因と事故の再発防止対策について分析してみる。

### 3. タンクローリー充填所火災（発生年月日平成12年2月18日）

この火災は、川崎市内のある事業所で起きた火災であり、原因としては、バルブの閉め忘れによる漏えいが引き金となり火災に発展した事例で、いわゆる人的要因に含まれる確認不十分が原因で発生した火災であった。実際にFTA図を作成する前に、まず当事故の概要と原因について触れてみたい。

#### (1) 事故概要

当該事業所のローリー充填所において、タンクローリーにヘキセン-1（第4類第1石油類）を充填中、当該施設のベーパー回収配管（ヘキセン-1の充填ホースとベーパー回収ホースは、バイパス弁を介してつながっている。）にヘキセン-1が流入し、同配管の空気取入口（以下「吸気口」という）から漏えいしたことにより、タンクローリー運転手が緊急停止ボタンを押したが、吸気口直下に停止（ローリー充填所保有空地内）していたフォークリフト付近より出火、フォークリフト1台及び充填所の一部を焼損した。

さらに、この火災に気が付いたタンクローリー運転手が、タンクローリーを緊急移動させたことから、結合されていた充填ホース及びベーパー回収ホースがタンクローリー側結合部付近で破断し出火、当該タンクローリーが炎上した他、タンクローリーが停車した直近の建物2棟の外壁等を焼損した。

#### (2) 原因

タンクローリー運転手が、ヘキセン-1を充

填するホース内の水分を除去するため、当ホースを窒素ガスによりパージし、パージ終了後、通常ヘキセン-1の充填ホースとベーパー回収ホースのバイパス弁を閉める筈が、事故当時は開のままヘキセン-1を充填したため、ヘキセン-1がバイパス弁を経由してベーパー回収配管に流入し、同配管末端部に設けられた吸気口から漏えいしたことにより、漏えい部周辺にヘキセン-1のベーパーが発生した。

漏えい部直近に停車していた、エンジンが稼動していたと推定されるフォークリフトのエンジンルーム下側から滞留していたベーパーが回り込み、燃焼範囲に達して、エンジン周囲の発熱部あるいは、エンジンルーム内の電気装置から発生した電氣的火花により着火した。

一方、漏えい部から発生したベーパーは流動し、No.1スポット周辺に広範囲に滞留していたため、フォークリフト付近での着火により、予混合火炎を形成し延焼した。そして、ローリ

ーが移動した際、充填ホース及びベーパー回収ホースが破断したことにより、タンク内から漏れたヘキセン-1及びタンクローリー左側の積込口付近にさらに延焼し、タンクローリーが停車した直近の建物2棟の外壁等を焼損させた。

以上述べたようにこの火災は、一般取扱所の保有空地内に停めてあったフォークリフトから発生した火災が、タンクローリーを移動したことにより、その車両自体が炎上したという、1つの事例で火災件数を2件としているまれなケースの火災であった。このことを踏まえて火災までのFTA図を作成すると図-3のようになる。

ここまで作成し、「何故」と問いかけてみよう。確かに頂上事象が火災であるが、これでは、フォークリフト1台及び充填所の一部を焼損したところまでの火災しか表されていない。しかし、その後何故、火災が拡大したかの理由を表すことによって、これらの火災に対する別の原因が明らかになり、そのことに対する再発防止

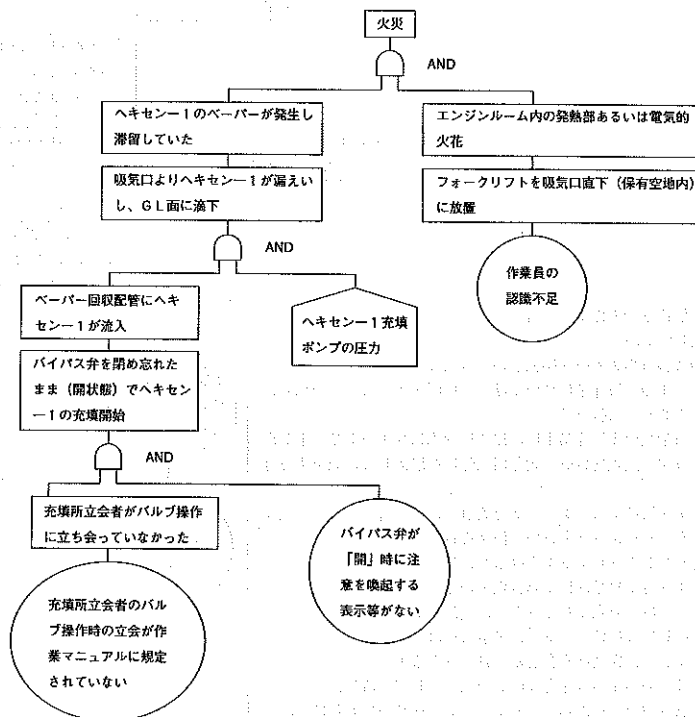
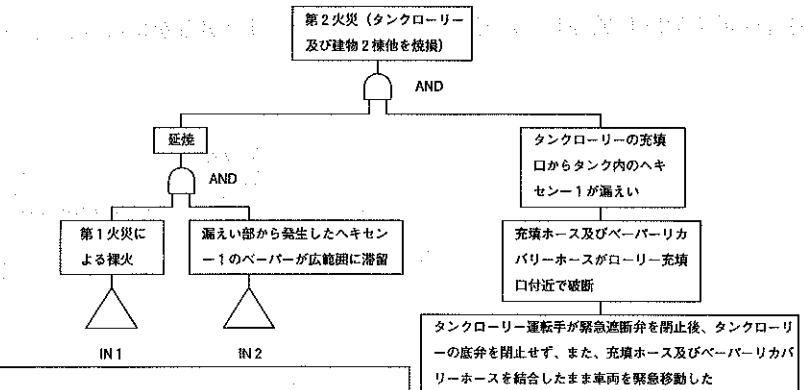
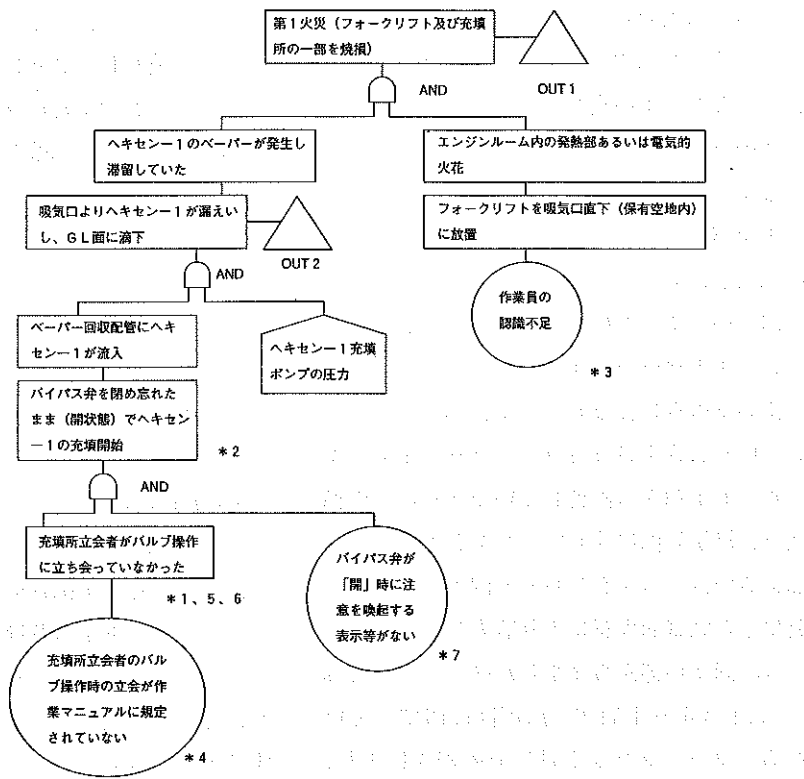


図-3



- (再発防止対策)
- \* 1 ローリー充填作業時の保安監督者の立会い徹底 (早朝等の混雑時は立会い者を1名増員する。)
  - \* 2 安全教育の改善 (出入の輸送関係者の教育訓練を年2回実施するとともに、ヘキセナー1の充填作業については、充填所担当者と輸送関係者は作業ミーティングを月1回行う。)
  - \* 3 第4類第1石油類の充填作業中は、保有空地内にフォークリフト等が立ち入らないよう出荷監視警告灯 (黄色回転灯) を設置して、充填中点灯させる。
  - \* 4 作業マニュアル及びチェックシートを改訂し、充填所立会者と運転手が相互に確認しながらチェックを行い、作業を行う。
  - \* 5 入出荷監視システムプログラムを改造し、第1石油類タンク積込データのみ、必ず1回目は自動的に緊急停止をかけ、充填所立会者から立会準備完了の連絡を受けた時点でリセット後、積込可能にする。
  - \* 6 第1石油類積込車両には、入構時、表示板を渡し、フロントガラスの見える位置に表示させ、充填所立会者が一目で分かるようにする。
  - \* 7 タンクローリーのバイパス弁を「開」の状態にしている時は、警告灯とブザー (いずれも防燥型) が鳴る装置をタンクローリーに取付ける。

図-4

対策がたてられることになる。この再発防止対策こそ、次の事故防止対策につながる重要なファクターであり、これなくしては原因究明をする意味がなくなってしまう。

以上を踏まえた上で、再発防止対策も含めて、再度FTA図を作成してみると図-4のようになる。

このように、新たに作成したFTA図の方には基本事象が2つ増えており、単なる最初の火災が発生した原因だけでなく、2つ目の火災が発生した原因、すなわち最初の火災が起因したことによる火災の拡大原因まで網羅している。

すなわち、2つのFTA図に分けることによって、タンクローリー運転手の緊急時における行動、いわゆる底弁手動閉鎖装置の閉止についての教育、訓練不足が原因として現れることによって、そのことを含めた安全教育の改善を行うといった再発防止対策がたてられた訳である。このことは大変重要なことであり、最初のFTA図から導き出した再発防止対策には足りなかった教育の内容が1つ増えた訳である。

#### 4. まとめ

以上から分かるように、FTA図を作成することによって、最初にも述べたとおり、その事故が人的要因なのか物的要因なのか等の原因がはっきり分かりやすくなり、そのことに対する再発防止対策もたてやすい。また、頂上事象に対して、あらゆる角度から物事をみることが大切であり、一度完成した後でも、「何故」ともう一度問いかけることが必要であろう。そういった意味では、例であげたFTA図も決して完璧なものではなく、また別の人が考えれば、新たな事象が生じ、別の可能性の原因がでてくるかもしれない。しかし、大切なのは、その考え合うグループの中で、誰もが納得のいく形で、

ベストな対策のたて方ができる図を作り上げることが一番である。

今時代は不景気であり、各事業所でも安全部門を担う人の数が減らされるのは仕方のないことである。そして、ものをつくれば売れたバブルの時代には、「何故」など踏みとどまって考えず、ひたすら前だけを見てものをつくっていれば良かったのかもしれない。しかし、今だからこそ、今一度踏みとどまって物事を考えることが必要ではないだろうか。そうすることによって、今これから蓄積されるノウハウが、今後もし景気がよくなった時の生産工程における、事故を防ぐための有効な防止策となる可能性があるからである。

#### ◎ おわりに

最初にも述べたとおり、事故を減少させるためには、行政として何を行っていけばよいかという疑問から問題を提起した訳であるが、今回はこういったソフトの面から話を進めてみた。

今、川崎市では危険物施設に限らず、石油コンビナート等特別防災区域内で事故が発生すれば、ほぼ全ての事故に対しFTA図を作成し、委員会で審議を行っている。そして、機会を捉えて講習会等で事故事例を紹介し、審議して得られた安全対策等を事業所の安全担当者に周知することによって、事故防止対策を図っている。情報公開が進んでいる中で、今後は、事故を起こした事業所だけに限らず、類似する施設を所有する事業所にも、FTA図を開示することによって、事故防止対策につながっていくのではないかと考える。

今後も、危険物行政の一旦を担うものとして、危険物の事故の減少を願うと同時に、事故防止対策に努めていきたいと思う。